

University of Groningen

## Biogeographical diversity of plant associated microbes in arcto-alpine plants

Kumar, Manoj Gopala Krishnan

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2016

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Kumar, M. G. K. (2016). *Biogeographical diversity of plant associated microbes in arcto-alpine plants*. Rijksuniversiteit Groningen.

### Copyright

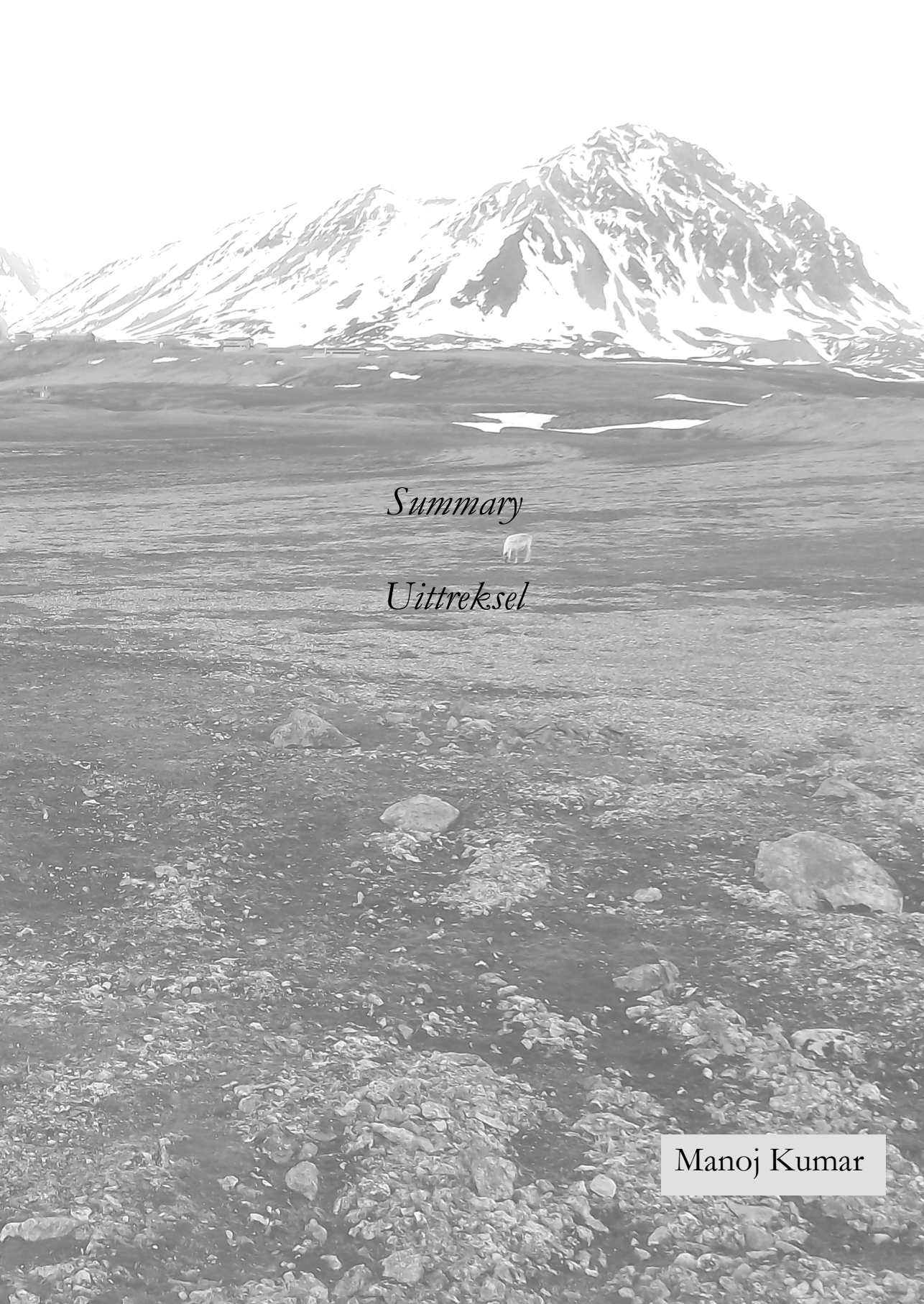
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.



*Summary*



*Uittreksel*

Manoj Kumar



## English Summary

Terrestrial plants and microbes have co-evolved since the emergence of the former on Earth. Associations with microorganisms can be either beneficial or detrimental for plants. Microbes can be found in the soil surrounding the plant roots, but also in all plant tissues, including seeds. In arcto-alpine regions, plants face extraordinary challenges, and, although we know a lot about their growth and survival strategies, there is a paucity of information about their associated microbiomes. Here, I investigated the diversity of microbes associated with two arcto-alpine plants, *Oxyria digyna* and *Saxifraga oppositifolia*, from three distinct geographical regions, i.e. Mayrhofen, Austria (alpine climate), Kilpisjärvi, Finland (low-arctic climate) and Ny-Ålesund (high-arctic climate). *Oxyria digyna* and *Saxifraga oppositifolia* are key pioneer plant species in arcto-alpine soils. In chapter 2, I investigated the influence of these plants on the rhizosphere bacterial communities in two arctic regions. Geographic location and soil type, as well as plant species, significantly influenced the bacterial community structures. Furthermore, the ability to tolerate oxidative stress as well as specific antibiotics was highly pronounced in the rhizosphere-associated communities in both plant species. In chapters 3 and 4, I investigated the biogeographical diversity of the plant-associated microbial communities and the corresponding bulk soils in three arcto-alpine regions. The factor compartment (bulk soil, rhizosphere soil, endosphere) influenced the diversities and community structures of both fungi and bacteria. In particular, the endophytic communities had the lowest diversity and their community structures were different from those of the bulk and rhizosphere soils. In contrast to studies on plants from agricultural soils, I observed a higher diversity of bacterial and fungal communities in our rhizosphere soils when compared to bulk soils. In chapters 3 and 5, I show that geographic region significantly influences the bacterial and PNFb communities in the bulk soils. However, the effect of region on the bulk soil fungal communities was much weaker (chapter 4). These communities were primarily shaped by soil pH. The fungal (chapter 4) and PNFb (chapter 5) communities in the rhizospheres displayed a strong regional selection, while the bacterial (chapters 2 and 3) communities were ubiquitous. Similarly, the fungal and PNFb endosphere communities were clearly influenced by region, whereas the total endosphere bacterial communities responded to a lesser extent.

With respect to the endophytic bacterial and PNFB communities, plant species and geographic region were the main determinants of the community structures. The bacterial community structures in the endosphere (chapter 3) were influenced by plant species, whereas the fungal (chapter 4) and PNFB (chapter 5) community structures had low host-plant specificity. Plants in the alpine region had higher relative abundances of *Proteobacteria*, as compared to plants from the low- and high-arctic regions, which were dominated by *Firmicutes*. The PNFB communities in the endosphere were enriched with *Geobacter* and *Clostridium* types. Moreover, I observed a strong regional influence (related to climatic conditions) on the endosphere PNFB communities. Anaerobic nitrogen fixing *Clostridia* dominated the Arctic regions, while *Geobacter* (capable of fixing nitrogen in both aerobic and anaerobic conditions) dominated the endosphere PNFB communities in the Alpine region. The fungal communities in the endosphere were highly influenced by geographic region, with low host plant specificity. The fungal genera *Mycenella*, *Cadophora* and *Varicosporium* dominated the endospheres. In conclusion, the two pioneer plant species act as effective ‘filters’, selecting a restricted set of microbes as endophytes from the highly diverse soil communities across three geographic regions. Most of the key taxa identified in the endosphere bacteriomes, i.e. *Clostridium*, *Bradyrhizobiaceae*, *Comomonadaceae* [*Leptothrix*], were also found in the endosphere ‘PNFB-omes’, and I therefore strongly argue that members of these taxa may play a key role in nitrogen acquisition in these low-nitrogen environments.

Terrestrische planten en micro-organismen zijn samen geëvolueerd, sinds de opkomst van eerstgenoemden op aarde. De associatie met micro-organismen kan zowel nuttig als schadelijk zijn voor planten. Microben komen voor in de grond rond de wortels, alsook in alle plantweefsels, waaronder zaden. In Arctisch-alpine gebieden worden de aanwezige planten geconfronteerd met buitengewone uitdagingen. Ofschoon er veel bekend is over de groei en overlevingsstrategieën van deze planten, is er een gebrek aan informatie over de met hen geassocieerde microbiomen. In dit proefschrift beschrijf ik mijn onderzoek naar de diversiteit van micro-organismen die geassocieerd zijn met twee Arctisch-alpine planten, *Oxyria digyna* en *Saxifraga oppositifolia*, in drie verschillende geografische regio's, i.e. Mayrhofen, Oostenrijk (alpine klimaat), Kilpisjärvi, Finland (laag-arctisch klimaat) en Ny-Ålesund, Spitsbergen (hoog-arctisch klimaat). *O. digyna* en *S. oppositifolia* zijn belangrijke pionierplantsoorten in Arctisch-alpine bodems. In hoofdstuk 2 beschrijf ik het onderzoek naar de invloed van deze planten op de bacteriële gemeenschappen in de rhizosfeer in de twee arctische gebieden. Geografische locatie en bodemtype, alsmede plantsoort, hadden een sterke invloed op de bacteriële gemeenschapsstructuren. Bovendien werd het vermogen om oxidatieve stress en specifieke antibiotica te tolereren beïnvloed in de rhizosfeer-geassocieerde gemeenschappen bij beide plantsoorten. In hoofdstuk 3 en 4 heb ik onderzoek gedaan naar de biogeografische diversiteit van de plant-geassocieerde microbiële gemeenschappen en de bijbehorende bulkgronden in de drie Arctisch-alpine gebieden. De factor 'compartiment' (bulkgrond, rhizosfeergrond, endosfeer) had invloed op de diversiteit en structuur van zowel de schimmel- als de bacterie-gemeenschappen. Met name de endofytische gemeenschappen hadden de laagste diversiteit en hun structuren verschilden van die van de bulk- en rhizosfeergronden. In tegenstelling tot studies over planten uit landbouwgronden, nam ik een hogere diversiteit aan bacteriën en schimmels waar in de bestudeerde rhizosfeergronden in vergelijking met de respectievelijke bulkgronden. In hoofdstukken 3 en 5 laat ik zien dat de factor geografische regio een sterke invloed had op de bacteriële en PNFB gemeenschappen in de bulkgronden. Het effect van de omgeving op de schimmelgemeenschappen in de bulkgrond was veel zwakker (hoofdstuk 4). Deze gemeenschappen werden voornamelijk gestuurd door de bodem-pH. De schimmel- (hoofdstuk 4) en PNFB- (hoofdstuk 5) gemeenschappen in de rhizosfeer vertoonden een sterke invloed van regio, terwijl de bacteriële (hoofdstuk 2 en 3) gemeenschappen dit niet vertoonden. Ook de schimmel- en PNFB-gemeenschappen in de endosfeer werden duidelijk beïnvloed door de

factor regio, terwijl de bacteriële gemeenschappen daar in mindere mate door gestuurd werden.

De endofytisch bacteriële en PNFB gemeenschappen werden in belangrijke mate gestuurd door plantsoort en geografische regio. Waar de bacteriële gemeenschapsstructuren (hoofdstuk 3) werden beïnvloed door plantsoort, hadden de schimmel- (hoofdstuk 4) en PNFB- (hoofdstuk 5) gemeenschapsstructuren een lage gastheerspecificiteit. De planten in het Alpengebied hadden een relatief hoge prevalentie van *Proteobacteria*, terwijl de planten uit de lage en hoge arctische regio's werden gedomineerd door *Firmicutes*. De PNFB gemeenschappen in de endosfeer waren verrijkt met *Geobacter* en *Clostridium* typen. Hiernaast zag ik een sterke regionale invloed (gerelateerd aan klimatologische omstandigheden) op de PNFB gemeenschappen in de endosfeer. Anaëroob stikstofbindende *Clostridia* domineerden de Arctische gebieden, terwijl *Geobacter* (stikstofbinding onder zowel aërobe als anaërobe omstandigheden) de endosfeer-PNFB gemeenschappen in het Alpengebied domineerde. De schimmeligemeenschappen in de endosfeer werden sterk beïnvloed door de factor geografische regio, met lage waardplantspecificiteit. De schimmelgeslachten *Mycenella*, *Cadophora* en *Varicosporium* domineerden de endosferen.

De twee geselecteerde pionierplantsoorten fungeren als effectieve 'filters', die een beperkte set van micro-organismen als endofyten uit de zeer diverse bodemgemeenschappen selecteren in drie geografische regio's. Het merendeel van de sleutel taxa in de endosfeerbacteriomen, i.e. *Clostridium*, *Bradyrhizobiaceae*, *Comamonadaceae* [*Leptothrix*], werd ook gevonden in de endosfeer 'PNFB-omen', en daarom postuleer ik hier dat de leden van deze taxa een sleutelrol in de binding van atmosferische stikstof spelen in deze laagstikstofomgevingen.